

## グッピー集団の一過性過剰移動

渡辺 宗孝

岡山大学教養部生物学教室

## はじめに

物質粒子の集団の単純な運動は数式に表わすことができる。生物の個体群を同じような条件においたときに、もしそれと異なる様相が見られたならば、その違いを生物の行動の特性の現われとして、生物の行動を数式を用いて解析する一つの突破口になりはしないか。たまたま研究室の水槽で卵胎性熱帯魚のグッピーが沢山殖えたので、これを用いて一つの研究を計画したところ、最初の実験で全く予想もしていなかった奇現象を目撃したのである。以下はこれの若干の解析の記述である。

## 1. 一過性過剰移動

グッピーの群れを、スリット（すき間）のある板で2等分した水槽の片側に投入すると、図1に見るように大多数の魚がスリットを通過して反対側に急速に移り、その後しだいに両側均等の分布に戻って平衡に達する<sup>1)</sup>。80匹を用いた実験では開始

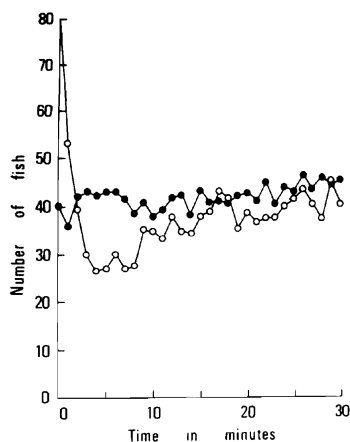


図1 グッピー個体群の一過性過剰移動

縦軸は投入された側の魚の数。○：左側に80匹投入。●：各側に40匹投入。各条件10例の中央値。

後5分以内に76匹も右に移った。こういう現象は単純な物理的な拡散では決して見られないことなので、動物のもつ生物独特の性質と考えられる。

スリットをまず閉じておいて水槽の左半分には魚の群を入れ、しばらく慣れさせてからスリットを開き、30分にわたって通過する魚の数を記録しグラフ上に描く。この奇妙な現象は同じ群で30分おきに行なっても何回も繰返し観察され強い再現性がある。さらに仕切の位置をずらして左右の容積比を8：1にしても、等密度の分布に比べて過剰な一時的移動が起る。両側にそれぞれ始めから40匹ずつ入れたときには片側に偏って存在するようなことはない(図1)。只1匹を用いて15分間に各側にいる時間を測ると左右の滞在時間に差はない(10例、左側平均7分34秒±1分21.5秒)。この事実は過剰移動が、グッピーが群になったときに現われる現象であることを示すものである。

## 2. 過剰移動の手掛かりとしての視覚の役割

つぎにこの過剰移動における視覚の役割について2つの方法で調べた。魚の両眼を除去<sup>2)</sup>すると過剰移動はなく単調に均等分布に近づく(図2)。

もう一つの方法は正常魚の暗黒中での行動の観察である。1分毎のフラッシュ撮影写真で左右の室の魚の数を数える。この場合もゆっくりかつ単調に均等分布に近づいた。

以上の結果から一過性過剰移動の手掛かりとして視覚が決定的役割を果たしていると結論できる。

## 3. 過剰移動のメカニズム

ではこの一過性過剰移動はどんなメカニズムで起るのだろうか。

(i) 魚を投入した側では排泄物が蓄積する。それを避けて他の側へ多くの魚が逃げる。そのうちにスリットから蓄積物が拡散してくると、逃

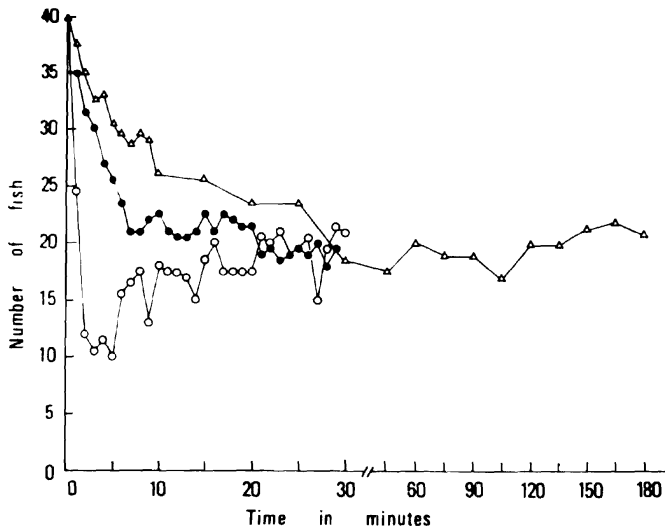


図2 两眼除去魚および暗黒中での正常魚の行動

●：两眼除去魚(明条件)。△：正常魚(暗条件)。○：対照(正常魚, 明条件)。

各条件40個体10例の中央値。

グッピーの眼の除去は麻酔下で角膜にN/10NaOHを塗り数日後視神経・動眼筋組織が崩壊した後ピンセットで摘出。

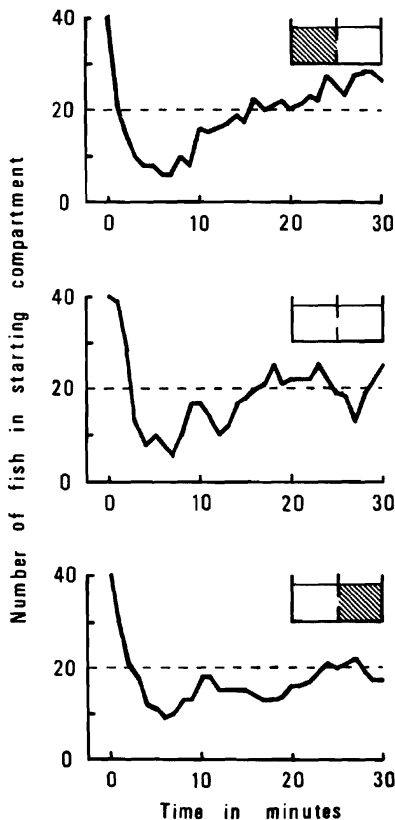


図3 汚染回避説の検討実験

■：汚染水。□：清浄水。いずれも左室へ魚群を投入。汚染水は15匹のグッピーを直径25cm, 高さ20cmのボウルに12時間放置した液。

げてきた魚がこちらでも排泄物を出すことで次第に左右の状況が近づいてゆき、それで魚の密度も均等になってゆくのではないか(汚染回避説)。

(ii) 新しい環境に対する好奇心<sup>4)</sup>により他側へ一時的に移るのではないか(好奇心説)。

(iii) 群遊<sup>2)</sup>などにみられるように仲間に追従してゆく性質により、続いて他側に移るために一時的に過密状態になるのではないか(追従性説)。

(iv) 投入側の過密状態が、魚をそこから逃避させるような圧力効果を及ぼすためではないか(密度圧力説)。

第1の汚染回避説の当否はつぎのような装置を考案して検討した。15匹のグッピーを実験開始12時間前から小さな容器に放置して排泄物で充分汚染された液を用意する。水槽の上に置いた2個の貯水槽から清浄な水と上記の汚染水が実験時間30分の間それぞれの側に絶えず流入し排出されるようにする。この装置で、左右を清浄水から汚染水のあらゆる組合せで実験を試みたところ、清浄水、汚染水のときさえも明らかに一過性過剰移動が現われ、かつ互いの間に有意差がみられなかったので、この汚染回避説は妥当でない(図3)。

第2の好奇心説の検討は、実験開始の1昼夜前から実験水槽に魚の群を投入してスリットを自由に通過させ、実験直前に投入側へ全部を誘導した後、実験を始める。グッピーにとっては右側も慣

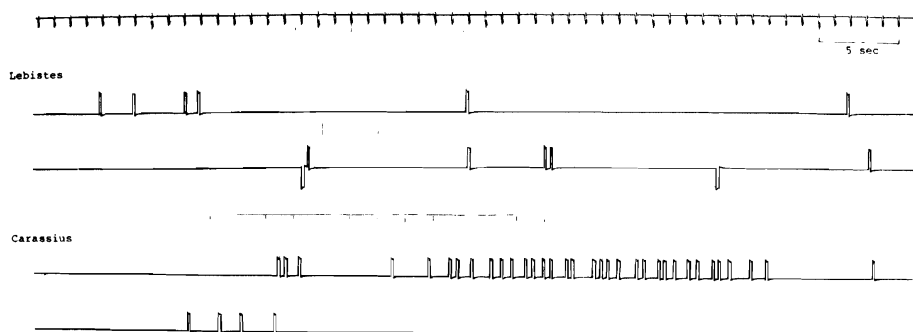


図4 魚の個体群の隔壁通過のオシログラム

┆ : 左 → 右。┆ : 右 → 左。Lebistes : グッピー。Carassius : キンギョ。  
各データはそれぞれ第1行から第2行へ続く。

れた空間であるから、もし好奇心が過剰移動の要因ならばこの場合は起りにくくなると思われる。実験の結果はいずれの面でも対照実験との差は見られなかった。しかし、この実験の条件設定は好奇心要因に関する結論を出すには不十分と思われる。なぜなら、環境が既知であるか未知であるかについての実験では景観の有無が結果に影響を及ぼすことが十分に考えられるが、今回の条件は左右ともに全く植物・石などの景観は作らなかったからである。私の経験からすると、この好奇心要因は過剰移動の有力な要因である可能性が強いと思われ、その判定はとくに慎重を期して今後の検証にまたねばならない。

第3の追従性説の検討では、ペン書きオシログラムを用いて魚のスリット通過の方向と時間間隔を記録した。追従性の強いキンギョでは、先頭の個体がスリットを通過すると他のほとんど全部の魚も急速に他側へ集まり(図4)、数分間隔で交互に左右の室への進入を繰り返す。ところがグッピーでは、たとえ多数の魚がスリットを同じ向きに通過する場合でも他個体に追従してゆくというような時間間隔ではないことが明らかである。このことから追従性説は否定的である。

第4の密度圧力説は以下の手続で検討した。左室をさらに2等分して1/4の容積の空間を作り、左端の室にグッピーの群を投入する。この高い密度を10分間保って後この仕切と中央のスリットを

同時に開く。この結果と対照実験の結果とを比較すると、グラフの最低値には差はなかったが、開始後初めて半分の魚が右へ移る時間が前者(10例、0.5~1.5秒)対照群(10例、0.5~3.5秒)より危険率0.002の極めて有意な差で短かった。つまり高密度下に置かれると魚が過密状態から急いで逃げようとするのである。従ってこの方法に関するかぎりでは、密度圧力は要因の一つの可能性がある。

#### 4. 物理的な広さと視覚的な広さ

この個体群の密度の圧力とは物理的空間の広さに基づくものか、あるいは実際にその広さはなくとも魚がそう“知覚”すれば足りるのか。この検討には水槽の適当な位置に鏡をおいて見掛けの空間の広さをいろいろに変えて魚の反応を観察した。

まず水槽の左側(図5左)または右側(図5中)の端の壁に鏡をおいて室の空間を2倍に見せかけた。実験の結果は明らかに物理的空間の容積でなく見かけの空間に対する過剰移動として現われた。つぎに右室の中央に鏡をおいて、視覚的に左右同体積にして行なった(図5右)。実験の結果はこの場合も見掛けの空間に対する過剰移動が現われた。この結果から、密度圧力は魚の運動によって生ずる水圧の変化などの原因によるものより、視覚的に知覚された広さによると考えることができる。

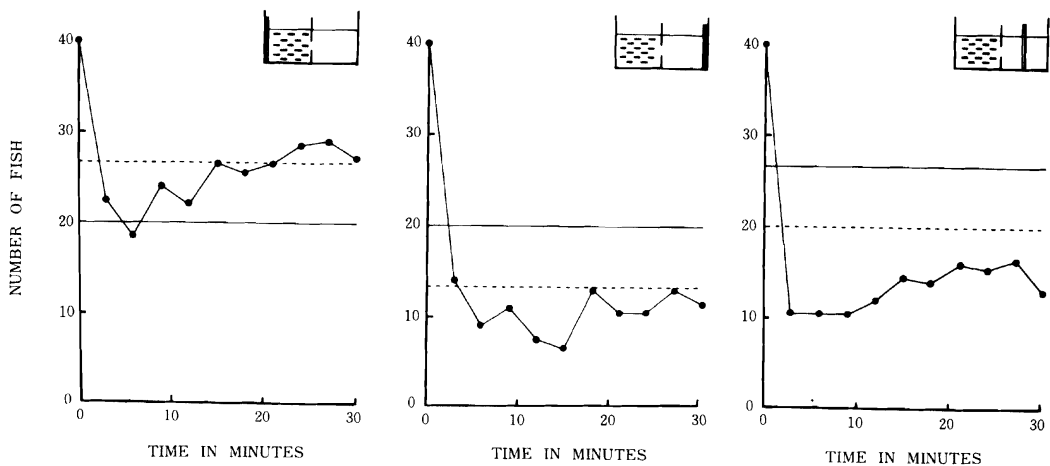


図5 鏡による視覚的な見かけの空間に対する一過性過剰移動

左：左側(魚の導入側)の室の左壁に鏡。中：右側の室の右壁に鏡。下：右側の室の中央に鏡。  
各条件40個体10例の中央値。

もし魚が物理的な空間の容積に対して過剰移動を示すものなら——が、視覚的な見かけの空間に対してならば……が均等分布の期待値となる。

この現象のメカニズムの解析については現在ここまでであるが、この行動はいろいろ興味深い問題を含んでいる。例えば、隔壁の片側にはスリットを通れないサイズのグッピーを入れ、他の側には通過できるサイズのグッピーを入れる場合などは、正に生体膜の両側に存在する荷電粒子に関するドンナンの膜平衡と似た状況であり、さらに、大きいサイズの魚がグッピーの捕食者である場合などを考えるならば、実際に極めて生物学的な問題であり、その一部については知見を得つつある。さらにこの過剰移動はグッピーにとってどのような意味をもっているのだろうか。これこそ行動の研究のより難しくかつ興味ある部分であり、これの解明が今後の大きな課題である。なお、本稿は他分野の方にも読み易くするために材料・装置・手続・統計法や結果の詳細など大幅に省いたが、詳しいことをお知りになりたい方は下記の論文をご参照下さい。

M. Watanabe, 1981. Excessive transitory migration of guppy populations I. Analysis of

sensory cues and mechanisms. Zool. Mag., 90(1), 33-38.

## References

1. Breder, C. M. (1954). Equations descriptive of fish school and other animal aggregations. Ecology, 35 : 361-370.
2. Shaw, E. (1960). The development of schooling behavior in fishes. Physiol. Zool., 33 : 79-86.
3. Terami, H. and M. Watanabe (1977). A new method to remove the eyeballs of small fishes. Zool. Mag., 86 : 246-249.
4. Warren, E. W. and S. Callaghan (1976). The response of male guppies (*Poecilia reticulata*, Peters) to repeated exposure to an open field. Behav. Biol., 18 : 449-513.
5. Watanabe, M. and Y. Fujii (1975). Dispersal of guppy population II. Analyses of transitory excessive migration through a septum with opening. Zool. Mag. 84 : 457.